

Gravitasi

Wahana Interaksi Ilmiah

Vol. 4 No. 1 Januari - Juni 2005

Aplikasi Metoda Geolistrik Tahanan Jenis dan GPR untuk Mendeteksi
Dan Memetakan Endapan Limbah Merkuri
(Ahmad Zaenudin, Rustadi)

Transisi Silikon Amorf ke Mikrokristalin Terhidrogenasi dalam Sistem Hot Wire PECVD
(Samsu, Iqbal)

Pembuatan Bahan Ferroelektrik $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$
(Muh. Tawil)

Pengaruh Kemiringan Plat Datar terhadap Perpindahan Kalor Konveksi Bebas
(Iqbal)

Pengaruh Temperatur Larutan dalam Proses Elektrodeposisi
Terhadap Struktur Kristal Lapisan Tipis Ni
(Jusman)

Penetapan Perubahan Garis Pantai pada Pantai Barat Teluk Palu
(Fihri)

Analisis Kandungan Mineral Bahan Lempung
Asal Daerah Pantai Barat Kabupaten Donggala
(Lufsyi Mahmudin, M. Rusydi. H)

Model Lapisan di Sekitar Sumur Bor Kelurahan Layana Kota Palu
(I Komang Werdhiana)

Penentuan Energi Radiasi γ pada Aluminium
dengan Menggunakan Spektroskopi β - γ
(Kusman)



JURUSAN FISIKA
UNIVERSITAS TADULAKO

Gravitasi

Wahana Interaksi Ilmiah

2375

Vol. 4 No. 1 Januari – Juni 2005

Dipublikasikan Oleh
Jurusan Fisika Universitas Tadulako Palu
Sulawesi Tengah

Pelindung / Penasihat
Rektor Universitas Tadulako

Penanggung Jawab
Ketua Jurusan Fisika

Ketua Penyunting
Jamudin

Wakil Ketua Penyunting
Rustan Efendi
Jusman

Penyunting Pelaksana
Ketua : Yutdam Mudin
Sekretaris : Lufsyi Mahmuddin
Anggota : Elisa Sesa, Dedy F.

Penyunting Ahli
Kamaluddin Mulbar
Fihrin
Abdullah
Syamsu
Muslimin

M. Rusydi Hasanuddin
Dahlan Th. Musa
M. Syahrul Ulum

Bendahara
Darmawati

Alamat Redaksi

Jurusan Fisika Universitas Tadulako
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu
Sulawesi Tengah (94118)
e-mail: fis_un@yahoo.com

Pengantar

Dengan terbitnya Jurnal Gravitasi Vol.4 No.1 maka redaksi sepatutnya mengucapkan kata syukur yang dalam oleh karena atas petunjuk dan bimbingan Allah SWT semua ini dapat terwujud.

Pada terbitan kali ini Jurnal Gravitasi memuat artikel hasil penelitian dari berbagai bidang kajian Fisika yang meliputi : Fisika Teori, Fisika Material, Fisika Bumi dan Kelautan. Pada Jurnal yang kami kelola ini juga dapat menerima artikel dibidang ilmu-ilmu MIPA dan keteknikan dengan syarat ada kontribusinya bagi pengembangan fisika.

Akhirnya redaksi menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada mereka yang telah memasukkan artikelnya pada Jurnal Gravitasi Vol.4 No.1. Melalui kesempatan ini pula kami mengajak mereka yang mempunyai hasil penelitian bidang fisika dan aplikasinya untuk mempublikasikan hasil risetnya tersebut pada Jurnal kami. Redaksi tak lupa pula menyampaikan mohon maaf bila terdapat kekeliruan dalam editing artikel yang dimuat pada volume ini.

Redaksi

alaman

i	
ii	
k	1
i	9
	13
i	19
i	24
	33
	40
	47
	51

Gravitasi

Wahana Interaksi Ilmiah

Vol. 4 No. 1 Januari - Juni 2005

Daftar Isi

	Halaman
Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Ahmad Zaenudin Rustadi	Aplikasi Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Dan GPR Untuk Mendeteksi Dan Memetakan Endapan Limbah Merkuri 1
Syamsu Iqbal	Transisi Silikon Amorf Ke Mikrokrystalin Terhidrogenasi Dalam Sistem Hot Wire PECVD 9
Muh. Tawil	Pembuatan Bahan Ferroelektrik $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ 13
Iqbal	Pengaruh Kemiringan Plat Datar Terhadap Perpindahan Kalor Konveksi Bebas 19
Jusman	Pengaruh Temperatur Larutan Dalam Proses Elektrodeposisi Terhadap Struktur Kristal Lapisan Tipis Ni 24
Fihriin	Penetapan Perubahan Garis Pantai Pada Pantai Barat Teluk Palu 33
Lufsyi Mahmudin M.Rusydi H.	Analisis Kandungan Mineral Bahan Lempung Asal Daerah Pantai Barat Kabupaten Donggala 40
I Komang Werdhiana	Model Lapisan Di Sekitar Sumur Bor Kelurahan Layanan Kota Palu 47
Kasman	Penentuan Energi Radiasi γ Pada Aluminium Dengan Menggunakan Spektroskopi $\beta - \gamma$ 51

Pembuatan Bahan Ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$

Muh. Tawil

Jurusan Fisika UNM Makassar Sulawesi Selatan

Abstrak

Dalam penelitian ini masalah utama yang diselesaikan adalah : Mengkaji cara pembuatan bahan ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk membuat bahan ferroelektrik bulk $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ melalui reaksi padatan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Pembuatan bulk ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$, (2) Sintering bulk ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$

Berdasarkan dari hasil penelitian ini diperoleh, (1) pada bulk ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dapat dibuat dengan teknik reaksi padatan dari bahan-bahan barium karbonat, strontium karbonat dan titanium dioksida. Bahan ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dengan fraksi mol $x = 0.5$ memiliki kualitas kristalin lebih baik daripada fraksi mol 0.3 dan 0.7. Bahan ini memiliki struktur kristal perovskite kubik dengan parameter kisi masing-masing sebesar 3.9307 \AA , 3.9492 \AA , dan 3.9383 \AA . Dengan demikian bulk $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ ini dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif jenis ferroelektrik yang masih perlu dikaji lebih lanjut lagi untuk dapat dijadikan sebagai bahan dasar material.

Kata Kunci : Ferroelektrik

1. Pendahuluan

Pada lima tahun terakhir ini berbagai penelitian fisika material memusatkan perhatiannya pada bahan ferroelektrik, karena telah diketahui bahwa bahan ferroelektrik memegang peranan penting dalam perkembangan divais generasi baru sehubungan dengan sifat-sifat yang dimilikinya yaitu: dielektrik, ferroelektrik, piezoelektrik, dan pyroelektrik.

Bahan ferroelektrik merupakan sub kelompok dari bahan pyroelektrik, sedangkan bahan pyroelektrik merupakan sub kelompok dari bahan piezoelektrik. Sehingga bahan ferroelektrik memiliki sifat-sifat pyroelektrik dan piezoelektrik. Oleh karena itulah maka bahan ferroelektrik ini mempunyai berbagai penerapan menurut sifat-sifatnya. Adapun sifat-sifat yang dimiliki bahan tersebut, yaitu:

- Sifat hysteresis dan konstanta dielektriknya yang tinggi dapat diterapkan pada Non-volatile Random Access Memory (NVRAM) dan Dynamic Random Access Memory (DRAM).
- Sifat piezoelektriknya dapat digunakan sebagai sensor dan aktuator elektromagnetik.

- Sifat pyroelektriknya dapat digunakan sebagai sensor sinar panas (Infra Red) yang peka dan dapat diterapkan pada pembentukan citra termal.
- Film tipis ferroelektrik mempunyai sifat optik non-linier, oleh karena itu dapat digunakan sebagai piranti elektronika sebagai modulator dan switch optik.

Ditinjau dari penerapan-penerapan tersebut, maka teknologi pembuatan bahan ferroelektrik merupakan suatu teknologi yang generik.

Bahan ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ disingkat (BST) memiliki sifat-sifat yang menarik terutama tetapan dielektriknya yang cukup tinggi sangat cocok untuk digunakan sebagai kapasitor pada sel memori dinamik. Kelebihan dari sel memori dinamik yang menggunakan kapasitor dielektrik dari bahan ferroelektrik dibandingkan dengan sel memori dinamik biasa adalah waktu aksesnya lebih cepat, tanpa daya, tegangan operasinya rendah dan dapat diterapkan pada kerapatan tinggi.

Bahan ferroelektrik yang dikaji dalam penelitian ini termasuk bahan keramik. Teknologi pemrosesan bahan ini cukup mudah.

Secara umum pemrosesan bahan keramik hanya memerlukan tungku (Furnace) temperatur tinggi yaitu sekitar 1600°C . Dengan peralatan furnace programable controller yang dimiliki Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Universitas Negeri MALANG dengan temperatur maksimal 1600°C cukup memadai digunakan dalam pemrosesan bahan keramik dalam penelitian ini.

Bahan ferroelektrik yang dikaji dalam penelitian ini adalah barium strontium titanate yang disingkat (BST) dengan fraksi mol $x = 0,3, 0,5$ dan $0,7$ yaitu $\text{Ba}_{0,3}\text{Sr}_{0,7}\text{TiO}_3$, $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ dan $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$.

Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah : Bagaimana cara pembuatan bahan ferroelektrik bulk $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ melalui reaksi padatan ?

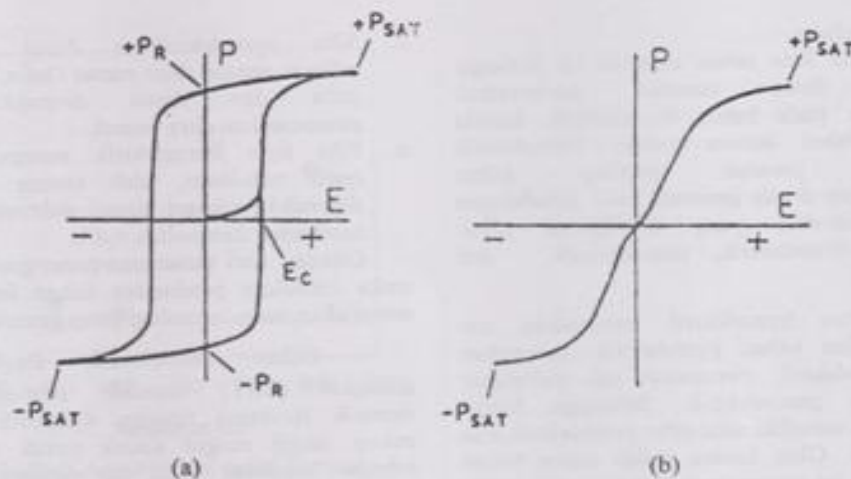
Dalam penelitian ini dibatasi pada pembuatan bahan ferroelektrik $\text{Ba}_{0,3}\text{Sr}_{0,7}\text{TiO}_3$, $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$, $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ berupa bulk.

Kegunaan dari penelitian ini adalah mengembangkan kemampuan untuk membuat bahan ferroelektrik BST. Kemampuan ini sangat mendukung untuk pembuatan bahan-bahan ferroelektrik lainnya.

2. Kajian Teori

Bahan ferroelektrik adalah suatu dielektrik yang mempunyai sifat polarisasi spontan yang dapat dibalik arahnya dengan cara membalikkan arah medan listrik luar yang diberikan pada bahan tersebut. Dalam medium tersebut berlaku persamaan

$D(E) = \epsilon E + P(E)$, dimana P adalah vektor polarisasi. Sifat khas dari bahan ferroelektrik adalah hubungan $P(E)$ yang diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva hysteresis bahan ferroelektrik (a) untuk memori dan (b) untuk relaxor non-memori (Haertling, G.H., 1991)

Dalam bahan dielektrik yang biasa pada umumnya berlaku hubungan linier

$P = \epsilon E$, dimana ϵ suatu tetapan. Dalam bahan ferroelektrik hubungan tersebut seperti terlihat pada gambar 1 sifatnya non-linier. Akhir-akhir

ini bahan ferroelektrik ini memegang peranan penting sehubungan dengan sifat-sifat yang unik.

Bahan ferroelektrik yang dipelajari dalam penelitian ini dibatasi pada bahan bahan oksida $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$. Dipilihnya bahan

ferroelektrik ini karena bahan tersebut memiliki kelemahan dan kelebihan diantaranya adalah memiliki masalah pada kebocoran arus yang cukup tinggi apabila digunakan sebagai bahan dielektrik kapasitor (Scott, J.F., dkk.1996). Untuk mengatasi masalah tersebut akan dikaji metode pembuatan bahan ferroelektrik BST dengan mengubah berbagai parameter. Khusus untuk mengatasi kebocoran arus dapat diatasi dengan memperbaiki elektroda dengan memakai oksida logam. Oksida-oksida logam yang dapat digunakan adalah ruthenium (RuO_2) (Pa de Araujo, C., dkk. 1996), iridium (IrO_2) (Scott, J.F., dkk. 1998), SRO (Kim, Y.T. and Lee, C.W., 1996) dan YBCO (Cho, H.J., dkk. 1997).

Masalah yang sering dihadapi pada kapasitor dengan dielektrik dari bahan ferroelektrik adalah adanya kebocoran arus. Berbagai penelitian telah memusatkan perhatiannya pada cara menurunkan kebocoran arus dan mengidentifikasi mekanisme kebocoran arus (In, T.G., dkk. 1998). Perkiraan yang realistis kebocoran arus maksimum yang masih dapat ditoleransi adalah 100 nA/cm^2 pada bahan ferroelektrik dengan ukuran tebal 100 nm (Scott, J.F., dkk. 1998). Belum diketahui secara jelas apa yang menentukan kebocoran arus (In, T.G., dkk. 1998). Akan tetapi beberapa parameter yang dapat diidentifikasi memiliki hubungan dengan kebocoran arus antara lain jenis elektroda, kerapatan butiran, kondisi annealing dan struktur mikro (In, T.G., dkk. 1998).

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pembuatan bulk ferroelektrik barium strontium titanate. Hasil bulk ferroelektrik ini dapat dipelajari struktur kristalnya dengan analisa XRD. Grain size dari kristalisasi bahan ini akan dianalisa melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sifat-sifat listrik dari bahan ferroelektrik yang dipelajari adalah kurva kapasitansi-tegangan (C-V) dan kurva hysteresis (P-E). Penelitian ini memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya bidang fisika terapan yaitu fisika bahan elektronik. Karena sifat-sifatnya yang unik dari bahan ferroelektrik seperti telah diuraikan di atas, maka penelitian ini dapat membantu pengembangan pengetahuan terhadap sifat-sifat bahan

ferroelektrik. Bahan ferroelektrik ini memiliki potensi pada teknologi komponen elektronika kecepatan tinggi pada era sepuluh tahun kedepan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini pada dasarnya terdiri dari 2 komponen utama, yaitu: Pembuatan bulk ferroelektrik $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ dengan fraksi mol $x = 0,3; 0,5$ dan $0,7$ melalui reaksi padatan dan Karakterisasi bulk ferroelektrik.

Secara rinci metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Pembuatan bulk Ferroelektrik BST

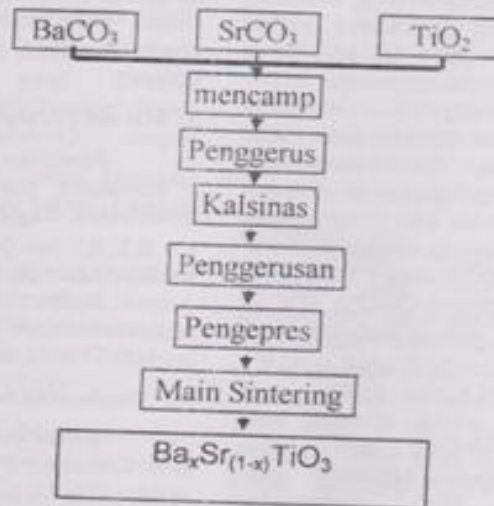
Bahan yang diperlukan untuk membuat bulk ferroelektrik $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ terdiri dari bahan-bahan oksida BaCO_3 , SrCO_3 dan TiO_2 . Untuk memperoleh bulk BST dengan fraksi mol x dengan berat bulk BST 7 gram, dilakukan penimbangan bahan-bahan tersebut dengan mengikuti rumusan pada persamaan (1)

$$\begin{aligned} M(\text{BaCO}_3) &= x \cdot \frac{M(\text{BST})}{BM(\text{BST})} \cdot BM(\text{BaCO}_3) \\ M(\text{SrCO}_3) &= (1-x) \cdot \frac{M(\text{BST})}{BM(\text{BST})} \cdot BM(\text{SrCO}_3) \\ M(\text{TiO}_2) &= 1 \cdot \frac{M(\text{BST})}{BM(\text{BST})} \cdot BM(\text{TiO}_2) \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan:

$M(\text{BaCO}_3)$ = Massa powder BaCO_3 BM
 (BaCO_3) = Berat molekul BaCO_3
 $M(\text{SrCO}_3)$ = Massa Powder SrCO_3 BM
 (SrCO_3) = Berat molekul SrCO_3
 $M(\text{TiO}_2)$ = Massa powder TiO_2 BM (TiO_2)
 $=$ Berat molekul TiO_2
 $M(\text{BST})$ = Massa senyawa BST BM (BST)
 $=$ Berat molekul BST

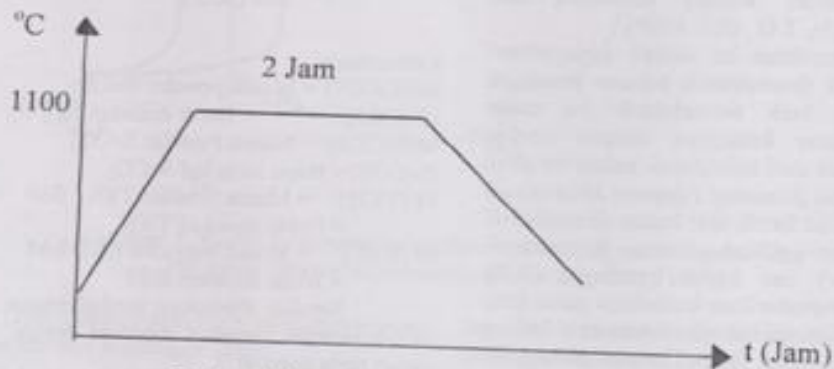
Setelah dilakukan penimbangan bahan-bahan powder tersebut diproses sesuai dengan bagan pada gambar 2.



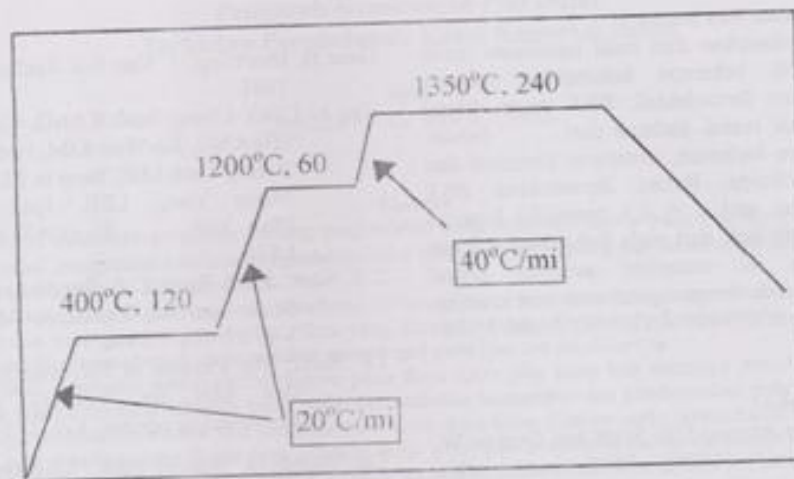
Gambar 2. Bagan proses preparasi bulk ferroelektrik BST

Kalsinasi dilakukan pada temperatur 1100 selama 2 jam. Tujuan dari kalsinasi ini adalah pemecahan ikatan kimia dari bahan-bahan tersebut khususnya untuk bahan-bahan karbonat. Kurva kalsinasi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.

Sintering awal dilakukan pada suhu 1100°C selama 2 jam di udara. Sedangkan sintering dilakukan mengikuti kurva pemanasan sebagai berikut (gbr 4) :



Gambar 3. Kurva Kalsinasi bahan Ferroelektrik BST

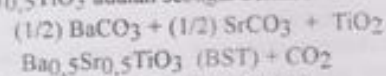


Gambar 4. Bagan Sintering bahan ferroelektrik BST

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Dalam metode penelitian telah dikaji secara teoritis cara pembuatan bulk Ferroelektrik BST. Dalam penelitian ini fraksi mol yang diteliti adalah $x = 0,5$. Untuk memperoleh bulk $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ dengan massa 7 gram, dilakukan penimbangan bahan-bahan $BaCO_3$, $SrCO_3$ dan TiO_2 mengikuti rumus (1). Persamaan reaksi untuk membuat bulk $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ adalah sebagai berikut:



Dengan bantuan daftar susunan berkala, diperoleh berat molekul $BaCO_3$, BST, $SrCO_3$ dan TiO_2 .

$$BM (BaCO_3) = 197,3494 \text{ gram} \quad BM$$

$$(SrCO_3) = 147,6294$$

$$BM (TiO_2) = 79,8988 \quad BM$$

$$(BST) = 252,3882 \text{ gram.}$$

Dengan menerapkan data-data di atas pada rumus (1), akan diperoleh massa bahan-bahan seperti $BaCO_3$, $SrCO_3$ dan TiO_2 sebesar

$$M (BaCO_3) = 2,7367 \text{ gram}$$

$$M (SrCO_3) = 2,0473 \text{ gram, dan}$$

$$M (TiO_2) = 2,2160 \text{ gram.}$$

$$M (BST) = 7 \text{ gram}$$

Bahan-bahan yang telah ditimbang tersebut kemudian dicampur dan digerus. Proses berikutnya adalah mengikuti prosedur yang ditunjukkan pada diagram alur pada gambar 2, sedangkan proses kalsinasi dan sintering mengikuti proses pada gambar 3 dan 4.

4.2 Pembahasan Penelitian

Bahan ferroelektrik BST yang dihasilkan memiliki kualitas kristalin yang berbeda-beda dari tiga fraksi mol yang berbeda. Dari hasil analisa FWHM menunjukkan bahwa kualitas kristalin bahan ferroelektrik BST dengan fraksi mol $x = 0,5$ lebih baik dari pada fraksi mol $x = 0,3$ dan $x = 0,7$.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas kristalin dari bahan ferroelektrik yang di hasilkan, yaitu homogenitas campuran padatan, kondisi temperatur pembakaran (kalsinasi dan sintering) dan tingkat kemurnian bahan-bahan yang dipakai.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut bahan ferroelektrik BST dapat dibuat dengan teknik reaksi padatan dari bahan-bahan barium karbonat, strontium karbonat dan titanium dioksida. Bahan ferroelektrik BST dengan fraksi mol $x = 0,5$ memiliki kualitas kristalin lebih baik dari pada fraksi mol 0,3 dan 0,7. Bahan ini memiliki struktur kristal perovskite kubik dengan parameter kisi masing-masing sebesar 3,9307 Å; 3,9492 Å dan 3,9383 Å

Daftar Pustaka

Carlos Paz de Araujo, J. F. Scott and George W. Taylor., (1996), "Ferroelectric thin films: synthesis and basic properties". Gordon and Breach Publishers. Amsterdam.

- Gene H. Haertling, J. Vac. Sci. Technol. A 9 (3), 1991.
- Hag-Ju CHO, Chang Seok KANG, Cheol Seong HWANG, Jin-Won KIM, Hideki HORII, Byong Taek LEE, Sang In LEE and Moon Yong LEE. Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 (1997) pp. L874-L876
- J. F. Scott, F. M. Ross, C.A. Paz de Araujo, M.C. Scott, and M. Huffman, MRS Bull., Vol. 21, No. 7 1996.
- J.F. Scott, The Physics of Ferroelectric ceramic thin film for memory application, Ferroelectric review, Vol. 1. 1998
- Tae-Gyong. In, Sunggi Baik, Sangsub Kim. J. Mater. Res., Vol. 13, No. 4, 1998.
- Yong Tae KIM and Chang Woo LEE. Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 35. (1996) 6153-6156.